



Early Vocal Development in Toddlers With Simultaneous Bilateral Cochlear Implants

Yesol Jeon*^{ID} and Youngmee Lee^{ID}

Department of Communication Disorders, Graduate School of Ewha Womans University, Seoul, Korea

동시적 양측 인공와우이식 영유아의 초기 발성 발달

전예솔 · 이영미

이화여자대학교 일반대학원 언어병리학과

Received January 5, 2024

Revised January 24, 2024

Accepted January 26, 2024

Address for correspondence

Youngmee Lee, PhD

Department of Communication

Disorders, Graduate School

of Ewha Womans University,

52 Ewhayodae-gil, Seodaemun-gu,

Seoul 03760, Korea

Tel +82-2-3277-4603

Fax +82-2-3277-2122

E-mail ymlee3060@gmail.com

*Current affiliation: BOAZ Ear,
Nose & Throat Clinic, Seoul, Korea

Background and Objectives The purpose of this study is to investigate the vocal development in toddlers with simultaneous bilateral cochlear implants (bilateral CI group) and to compare their progress to that of chronological age-matched (CA group) and hearing age-matched (HA group) toddlers who have normal hearing and typical development.

Subjects and Method Thirteen toddlers who received bilateral CIs simultaneously before 18 months of age participated in this study. Twenty-six toddlers participated as the control groups (CA group and HA group). The spontaneous utterances were collected from each toddler during free play with their parents in the laboratory. A total of 2324 spontaneous utterances of 39 toddlers (13 toddlers in each of the three groups) were classified as either canonical vocalizations or noncanonical vocalizations.

Results The bilateral CI group produced significantly fewer canonical vocalizations than the CA group. However, there was not a significant difference in the ratio of canonical vocalizations between the CI and the CA groups. There were no significant differences in the frequency and ratio of canonical vocalization between the CI and HA groups. In the CI group, the frequency of canonical and noncanonical vocalizations was significantly correlated with receptive and expressive language scores.

Conclusion The findings of this study showed that toddlers with bilateral CIs make good advancements in vocal development compared to toddlers with normal hearing. However, toddlers with bilateral CIs seem to produce an insufficient quantity of canonical vocalizations compared to age-matched hearing toddlers. Information about vocal development following simultaneous bilateral CI helps speech therapists and parents recognize speech development before the use of intelligible speech in communication.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2024;67(11):571-8

Keywords Cochlear implantation; Infant; Speech.

서론

영유아의 첫 단어 산출 이전부터 나타나는 발성(vocalization)은 말소리 발달과 매우 밀접하게 관련되어 있으며, 어휘

습득에 중요한 음운 발달의 토대가 된다.¹⁾ 영유아의 초기 발성은 단어 산출에 필요한 음소(phoneme)와 음절구조(syllable structure)의 다양성, 표현 낱말 수를 예측한다.²⁾ 또한, 영유아는 초기 발성에서 빈번하게 산출한 음소가 포함된 단어를 보다 일찍 습득하며, 그 단어를 의사소통에서 높은 빈도로 사용한다.^{2,3)} 고도 및 심도 난청 아동은 영유아 시기부터 제한된 청각능력(audibility)으로 인해 발성 발달에 문제를

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

보이며, 이때 제대로 발성 발달이 이루어지지 않는 경우에는 정확한 말소리 산출에 어려움을 보이는 말소리발달 지연(speech delay)을 경험하게 된다.⁴⁾ 예를 들면, 고도 이상의 난청 영유아의 발성에서는 음절성 발성(canonical vocalization)이 나타나지 않기도 하며, 음절성 발성이 나타나더라도 음절구조가 다양하지 않는 경우가 많다.^{1,5)} 나아가 영유아의 초기 발성과 말-언어 발달과의 상호연관성을 고려할 때, 선천성 난청 영유아의 발성 발달 문제는 구어 의사소통 발달에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 선천성 농 영유아의 발성 발달을 평가하여 말-언어 발달을 예측하고, 발성 발달이 잘 이루어지도록 촉진하는 것은 청각언어중재에서 중요하다 할 수 있다.

고도 및 심도 난청 영유아는 보청기 착용으로 말-언어 발달이 부진할 경우에 인공와우이식을 시행받고 있다. 일측 인공와우이식을 시행받은 영유아는 초기 청각박탈(auditory deprivation) 경험과 제한된 청각능력(audibility)으로 인해서, 수술 후 1년까지 전체 발성 빈도와 음절성 발성의 빈도가 정상 청력 영유아에 비해 현저하게 낮은 것으로 보고된다.⁶⁾ 하지만 일측 인공와우이식 영유아의 발성 발달은 수술 후 3-8개월 시점부터 발달 속도가 빨라지기 시작하여, 정상청력 영유아와 발성 발달 간격이 점차 줄어들어, 수술 후 3년까지 지속적으로 발달하여 점차 건청 영유아와 유사한 발성 발달 양상을 보이기도 한다.^{6,7)} 다수의 선행연구에서 일측 인공와우이식 영유아의 발성 발달에는 개인 간 차이가 존재하며, 인공와우이식 연령이 낮을수록 건청 영유아의 발성 발달과 유사해진다고 보고하고 있다.^{8,9)} 최근에는 양측 인공와우이식이 고도 이상의 난청 아동의 듣기, 말, 언어 발달에 긍정적인 영향을 미친다는 보고와 함께, 국내외에서는 생후 12-18개월 이전의 영유아에 대한 동시적 양측 인공와우이식(simultaneous bilateral cochlear implantation)이 활발하게 시행되고 있다.¹⁰⁻¹²⁾ 조기에 시행되는 동시적 양측 인공와우이식이 영유아의 발성 발달에 긍정적인 영향을 미칠 것이라는 가설이 타당하게 여겨지고 있으나, 이들의 발성 발달에 관한 정보가 부재하여 청각언어중재에서 적절한 발성 및 말소리 발달에 관한 기초적인 가이드라인이 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 생후 6-13개월에 동시적 양측 인공와우이식을 받은 영유아, 생활연령일치 건청 영유아, 듣기연령일치 건청 영유아의 음절성 및 비음절성 발성 빈도, 음절성 발성 비율, 발성 하위유형별 빈도를 비교분석하고, 인공와우이식 영유아 집단에서 발성 관련 변수와 언어점수와의 관련성을 살펴보고자 하였다.

대상 및 방법

대 상

본 연구는 동시적 양측 인공와우이식 영유아 13명, 생활연령일치 건청 영유아 13명, 듣기연령일치 건청 영유아 13명을 대상으로 하였다(Table 1). 인공와우이식 영유아는 1) 생활연령이 생후 2.5세 미만이며, 2) 생후 13개월 이전에 동시적 양측 인공와우이식을 시행받고, 3) 양측 인공와우 기기를 6개월 이상 사용하고, 4) 심한 내이기형이나 중복장애가 없는 경우만을 대상으로 선정하였다. 본 연구의 대조군은 생활연령일치 건청 영유아와 듣기연령일치 건청 영유아 집단이다. 생활연령일치 건청 영유아는 인공와우이식 영유아와 생활연령 차이가 ± 3 개월 이내이며, 듣기연령일치 건청 영유아는 인공와우이식 영유아의 듣기연령 차이가 ± 3 개월 이내인 경우를 대상으로 선정하였다. 이때, 인공와우이식 영유아의 듣기연령은 인공와우 사용기간을 기준으로 산출하였다.

자료 수집

본 연구의 모든 절차는 이화여자대학교 생명윤리위원회의 승인을 받아서 진행하였다(ewha-202205-0023-01). 본 연구에서 대상자의 언어능력은 영유아 언어발달검사(Sequenced Language Scale for Infants)¹³⁾를 이용하여 평가하였으며, 대상자의 발성 샘플은 부모-영유아 상호작용 평가(20분)를 통해 수집하였다. 부모-영유아 상호작용 평가는 소음이 40 dB 이하의 조용하고 편안한 환경에서 이루어졌으며, 신뢰성 있는 분석을 위해서 디지털레코더(SONY ICD-TX660, Sony Group Corporation, Tokyo, Japan; Roland R-05 Studio WAVE/MP3 Recorder, Roland, Hamamatsu, Japan) 총 3대를 사용하여 대상자의 발화를 녹음하였다. 이때, 녹음된 소리가 부모 발성, 생리적 발성, 환경음인지 여부를 확인하기 위해서 카메라(GoPro HERO8, GoPro Incorporated, San Mateo, CA, USA) 촬영도 함께 진행하였다.

자료 분석

수집된 부모-영유아 상호작용 데이터 20분에서 초반과 후반 각각 5분을 제외한 중간 10분에서의 영유아의 발성을 Praat Phonetic analysis software version 6.1.51 (Paul Boersma and David Weenink, University of Amsterdam, Amsterdam, Netherlands)을 사용하여 청지각적으로 먼저 확인하고, 음향학적으로 미세한 소리의 차이와 발성 경계를 확인하였다. 그 후 영유아의 발성을 음절성 발성과 비음절성 발성으로 구분하여 분석하였다(Table 2). 음절성 발성은 자음 소리를 만드는 상후두 조음기관을 움직여서 산출되며, 자음

과 모음이 결합된 기본 음절 형태의 발성으로 비음절성 발성보다 진전된 형태의 발성이다.³⁾ 이때, 음절성 발성에서는 모음과 자음 소리 사이에 포먼트 전이를 지각할 수 없을 정도로 짧은 120 ms 미만의 포먼트 전이 구간이 나타나며, 여기에는 활음이 포함된 연속 모음체, 음절성 웅알이, 자곤이 포함된다. 비음절 발성은 상후두 조음기관이 움직이지 않는 자음과 모음이 결합된 기본 음절 형태가 포함되지 않는 발성으로, 자음 비슷한 소리와 모음 사이의 120 ms 이상의 느린 포먼트 전이 구간이 나타난다. 비음절성 발성에는 준모음, 모음, 포먼트 전이가 없는 연속 모음체, 포먼트 전이를 동반한 연속 모음체, 성문 파열음, 경계선 웅알이가 포함된다.^{3,14)}

통계 분석은 SPSS 27.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하였으며, 일원배치분산분석(one way analysis of variance)을 통해 집단 간 비교분석을 하여, p 값이 0.05 미만일 경우 통계적으로 유의한 의미를 가진다고 판단하였다. 이

때, 주효과에 대한 사후검정으로 다중비교(multiple comparison)가 필요한 경우에는 제1형 오류의 증가를 방지하기 위해 Bonferroni correction을 적용하여, 통계적 유의성 기준을 $0.05/3=0.0167$ 로 조정하였다. 상관관계분석은 Pearson 분석을 시행하였으며, p 값이 0.05 미만일 경우 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결 과

인공와우이식 영유아와 생활연령일치 건청 영유아의 생활연령을 비교한 결과, 평균 생활연령이 각각 22.31개월, 22.23개월로 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p=0.398$). 또한, 인공와우이식 영유아와 듣기연령일치 건청 영유아의 듣기연령을 비교한 결과, 평균 듣기연령이 각각 13.15개월, 12.85개월로 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p=0.102$) (Table 1).

Table 1. Information of participants

Characteristics	HA (n=13)	CI (n=13)	CA (n=13)
Chronological age (month)	12.85±2.30	22.31±2.81	22.32±3.03
Age at implantations (month)		8.92±2.25	
Duration of implant use (month)		13.15±3.36	
Age of starting habilitation (month)		8.54±3.59	
SELSI			
Receptive language	29.15±14.06	33.92±12.11	48.38±9.12
Expressive language	24.23±5.85	28.54±13.30	43.62±11.64

Values are presented as mean ± standard deviation. HA, hearing age-matched group; CI, simultaneous bilateral cochlear implant group; CA, chronological age-matched group; SELSI, Sequenced Language Scale for Infants

Table 2. Operational definitions of Infant's vocalization types

Infant's vocalization types	Operational definition
Non-canonical vocalizations	
Quasi vowel	Sound that is not accompanied by articulation organ movement with incomplete or complete resonance and cannot be transcribed to adult vowels
Vowel	A single vowel that can be transcribed to an adult vowel
Series of vowels without formant transition	A vocalization in which the same vowel is repeatedly produced
Series of vowels with formant transition	A vocalization in which two or more different types of vowels are produced successively
Glottal stop	As unvoiced sound, stop sounds in the glottis
Marginal babbling	Vocalization can be transcribed to adult speech, a continuum of consonant-like sounds and vowel-like sounds (formant transition between consonant-like sounds and vowel-like is more than 120 ms)
Canonical vocalizations	
Series of vowel with glide	A vocalization in which two or more vowels with glide are produced successively
Canonical babbling	Vocalization can be transcribed to adult speech, with a syllable structure that combines consonants and vowels (formant transition between consonant-like sounds and vowel-like is less than 120 ms)
Jargon	Vocalization is a complex syllable structure of three or more syllables containing two or more different consonants and vowels, with accents and phonetic variations

집단 간 음절성 및 비음절성 발성 빈도 비교

음절성 발성 빈도는 세 집단 간에 유의한 차이가 있었다 ($p \leq 0.001$). 사후검정 결과, 인공와우이식 집단과 생활연령일치 집단, 듣기연령일치 집단과 생활연령일치 집단 간에 음절성 발성 빈도 차이가 유의하였다 ($p=0.013$, <0.001) (Fig. 1A). 비음절성 발성 빈도는 세 집단 간에 유의한 차이가 없었다 ($p=0.652$) (Fig. 1B).

집단 간 발성 하위유형별 빈도 비교

음절성 발성에서의 하위유형별 빈도를 살펴보면, 음절성 웅얼이와 자곤 빈도에서 집단 간에 유의한 차이가 있었다 ($p \leq 0.001$, 0.007). 음절성 웅얼이 빈도에서는 듣기연령일치 집단과 생활연령일치 집단 간에 유의한 차이가 있었으나 ($p \leq 0.001$), 인공와우이식 집단과 생활연령일치 집단, 인공와우이

식 집단과 듣기연령일치 집단 간에는 유의한 차이는 없었다 ($p=0.049$, 0.204) (Fig. 2A). 자곤 빈도에서는 듣기연령일치 집단과 생활연령일치 집단 간에 유의한 차이가 있었으나 ($p=0.007$), 인공와우이식 집단과 생활연령일치 건청 집단, 인공와우이식 집단과 듣기연령일치 건청 집단 간에는 유의한 차이가 없었다 ($p=0.063$, >0.999) (Fig. 2B).

비음절성 발성의 하위 유형별 빈도를 살펴본 결과, 세 집단 간에 준모음, 모음, 포먼트 전이가 없는 연속 모음체, 포먼트 전이를 동반한 연속 모음체, 성문 파열음, 경계선 웅얼이 빈도에 모두 유의한 차이가 없었다 (all $p > 0.0167$).

집단 간 음절성 발성 비율 비교

음절성 발성 비율은 세 집단 간에 유의한 차이가 있었다 ($p \leq 0.001$). 사후검정 결과, 음절성 발성 비율은 듣기연령일치

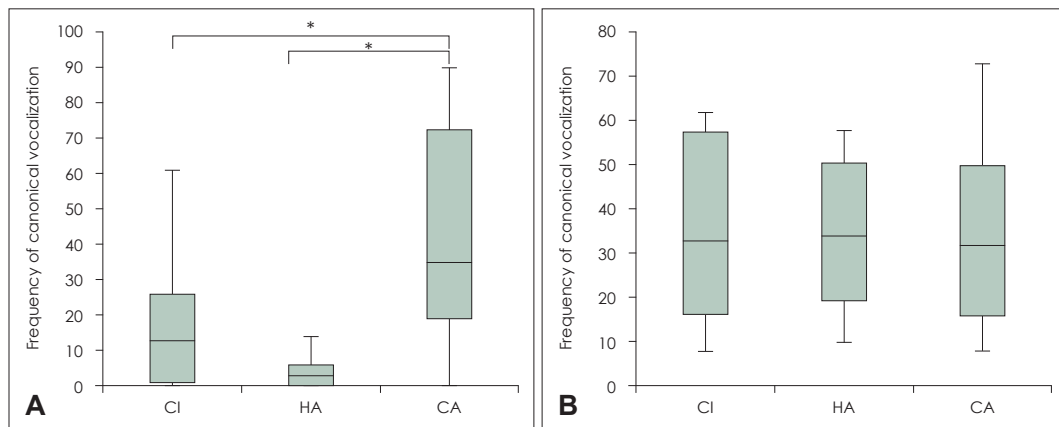


Fig. 1. The frequency of canonical vocalization between three groups (A) and the frequency of non-canonical vocalizations between three groups (B). There were significant differences in the frequency of canonical vocalizations between the CI and the CA groups and between the HA and the CA groups. There was no significant difference in the frequency of noncanonical vocalizations between the three groups. Values are mean and standard error. * $p < 0.0167$. CI, simultaneous bilateral cochlear implant group; HA, hearing age-matched group; CA, chronological age-matched group.

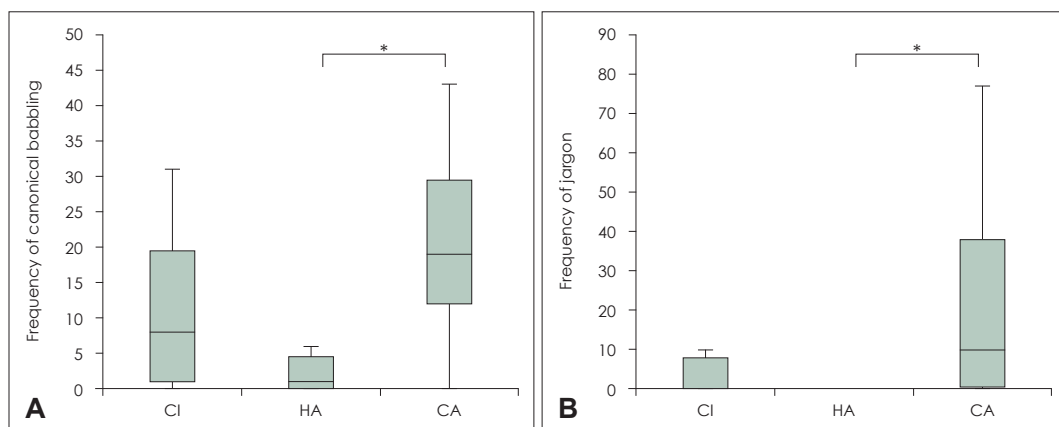


Fig. 2. The frequency of canonical babbling between three groups (A) and the frequency of jargon between three groups (B). There were significant differences in the frequency of canonical babbling and jargon between the HA and the CA groups. Values are mean and standard error. * $p < 0.0167$. CI, simultaneous bilateral cochlear implant group; HA, hearing age-matched group; CA, chronological age-matched group.

집단과 생활연령일치 집단 간에 유의한 차이가 있었으나($p \leq 0.001$), 인공와우이식 집단과 생활연령일치 집단, 인공와우이식 집단과 듣기연령일치 집단 간에는 유의한 차이가 없었다($p=0.21, 0.486$) (Fig. 3).

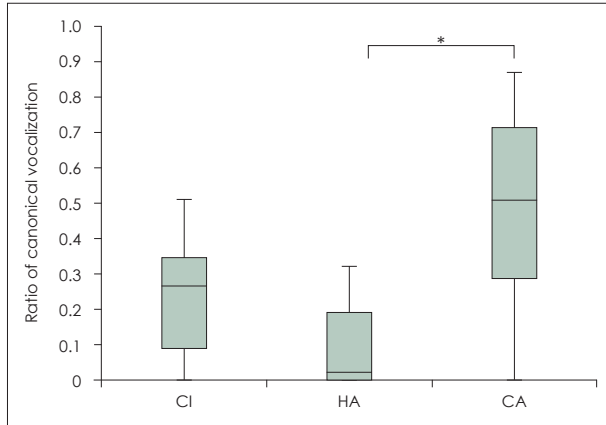


Fig. 3. The ratio of canonical vocalization between three groups. There was a significant difference in the ratio of canonical vocalization between the HA and the CA groups. Values are mean and standard error. * $p < 0.0167$. CI, simultaneous bilateral cochlear implant group; HA, hearing age-matched group; CA, chronological age-matched group.

인공와우이식 집단에서 발성 관련 변수와 언어 능력과의 관련성

인공와우이식 집단의 음절성 발성 빈도는 표현언어점수와 수용언어점수와 유의한 정적 상관을 보였으며($p=0.004, 0.018$) (Fig. 4), 비음절성 발성 빈도도 표현언어점수와 수용언어점수와 정적 상관을 보였다($p=0.001, 0.001$) (Fig. 5). 그리고 인공와우이식 집단의 음절성 발성 비율은 표현언어점수와 유의한 정적 상관을 보였다($p=0.006$) (Fig. 6).

고찰

본 연구에서는 생후 6-13개월 사이에 동시적 양측 인공와우이식을 시행받은 영유아의 발성 발달을 생활연령을 일치시킨 건청 영유아, 듣기연령을 일치시킨 건청 영유아와 비교 분석함으로써, 동시적 양측 인공와우이식 영유아의 발성 발달의 특성을 살펴보고자 하였다. 그리고 인공와우이식 영유아의 발성 빈도 및 비율과 언어 이해 및 표현 점수와의 관련성을 탐색함으로써, 초기 발성 발달과 언어 발달과의 상호연관성에 대해서 살펴보고자 하였다. 본 연구목적에 따른 논의

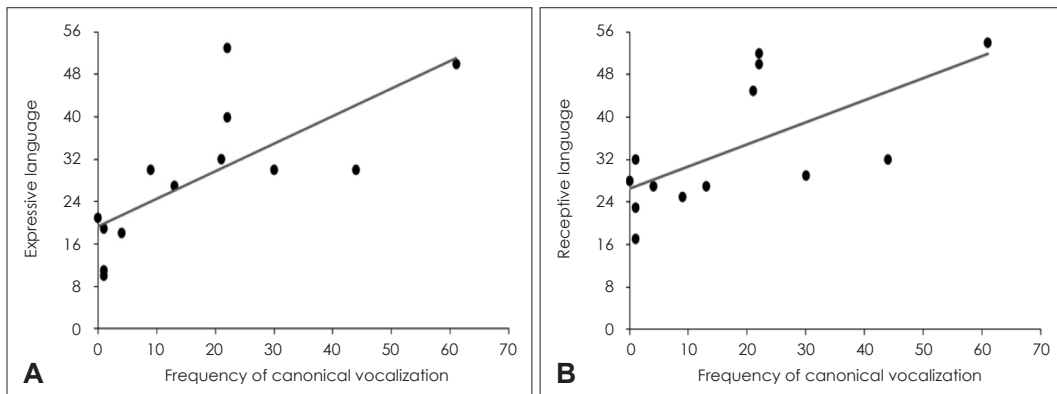


Fig. 4. Relationships between the frequency of canonical vocalization and expressive language scores ($r=0.733, p=0.004$) (A) and receptive language scores ($r=0.644, p=0.018$) (B) in simultaneous bilateral cochlear implant groups.

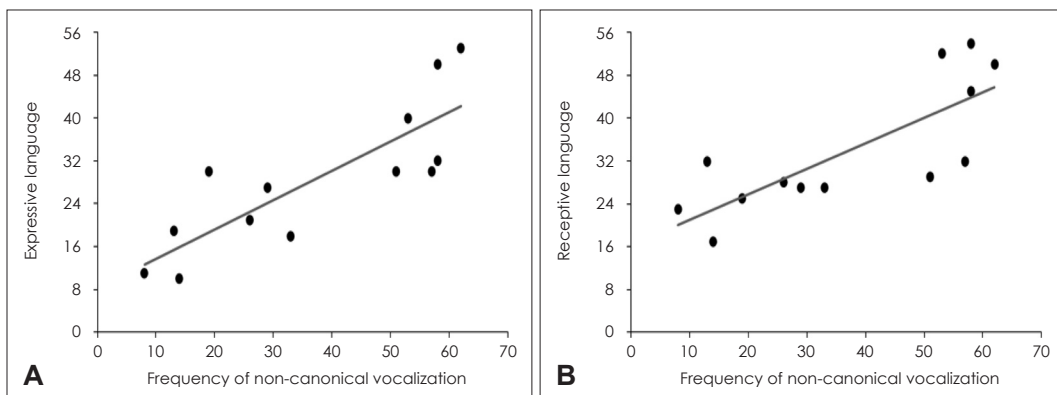


Fig. 5. Relationships between the frequency of non-canonical vocalization and expressive language ($r=0.826, p=0.001$) (A) and receptive language ($r=0.789, p=0.001$) (B) in simultaneous bilateral cochlear implant groups.

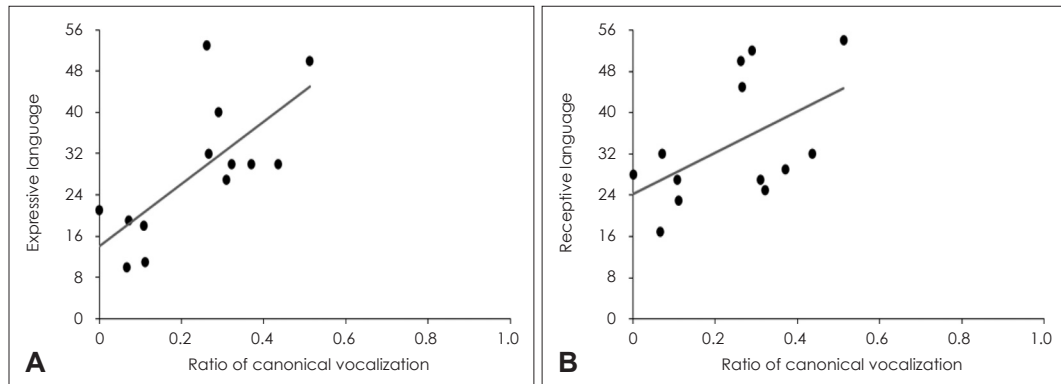


Fig. 6. Relationships between the ratio of canonical vocalization and expressive language ($r=0.714$, $p=0.006$) (A) and receptive language ($r=0.519$, $p=0.069$) (B) in simultaneous bilateral cochlear implant groups.

및 결론은 다음과 같다.

본 연구에서 비음절성 발성 빈도에서는 집단 간에 유의한 차이가 없었으며, 비음절성 발성의 하위유형별 빈도 측면에서도 집단 간에 유의한 차이가 없었다. 즉, 인공와우이식 영유아의 비음절성 발성 빈도가 생활연령일치 건청 영유아와 듣기연령일치 건청 영유아 간에 유의한 차이가 없었다. 여기서 우리는 생활연령일치 건청 영유아의 언어 이해 및 표현 점수가 인공와우이식 영유아에 비해서 높음에도 불구하고, 두 집단 간에 비음절성 발성 빈도에 유의한 차이가 없었다는 점에 주목할 필요가 있다. 이러한 결과는 영유아가 단어 및 문장 수준으로 충분히 의사소통할 능력이 갖추어지기 전까지는 비음절성 발성을 일정 양(quantity) 이상으로 사용하여 의사소통을 한다는 것을 시사한다. Ha와 Park¹⁵⁾이 생후 5-20개월의 건청 영유아의 발성에 관한 분석한 결과, 해당 모든 연령대에서 비음절성 발성이 지속적으로 많이 산출되는 것을 확인하였다. 또한, Pretzer 등¹⁶⁾이 생후 12-13개월의 건청 영유아의 발성을 분석한 결과, 비음절성 발성이 음절성 발성에 비해서 3.5배 많이 나타났다. 이처럼 비음절성 발성은 영유아기 초기의 특정 기간에만 출현하고 사라지는 것이 아니며, 영유아의 발성에서 진전된 형태의 음절성 발성이 나타나더라도 비음절성 발성은 음절성 발성과 함께 오랜 기간 나타나는 것으로 볼 수 있다.

본 연구에서 음절성 발성 빈도에서는 집단 간에 유의한 차이가 있었다. 생활연령일치 건청 영유아의 음절성 발성 빈도가 인공와우이식 영유아와 듣기연령일치 건청 영유아에 비해서 유의하게 많았다. 이는 초기에 동시적 양측 인공와우이식을 시행받은 난청 영유아의 발성 발달이 또래연령의 건청 영유아에 비해서 지연되어 있다는 것을 의미한다. 이러한 결과는 신생아청각선별검사, 초기 난청 진단과 보청기 착용, 초기 동시적 양측 인공와우이식에도 불구하고, 인공와우이식 영유아는 발성 발달이 지연될 가능성이 높다는 것을 시사한다.

Fagan⁶⁾의 연구를 살펴보면, 인공와우이식 영유아의 음절성 및 비음절성 발성 빈도가 술전에 비해서 술후에 유의하게 높아졌으나, 술후에도 인공와우이식 영유아의 음절성 발성 빈도는 여전히 생활연령일치 건청 영유아에 비해서 낮았다. 다수의 선행연구에서 인공와우이식 영유아의 발성은 술후 초기에는 빠른 속도로 발달된다고 보고하고 있지만,^{6,17)} 본 연구 결과를 통해 인공와우이식 영유아는 또래 연령의 건청 영유아와 유사한 양과 질의 발성 산출에 필요한 기본적인 선수 기술(예: 청각 피드백, 구강 운동 능력, 말소리 모방 등)을 습득하는 데 충분한 시간이 필요한 것으로 판단된다. 본 연구에 참여한 대상자의 인공와우 사용기간이 평균 13개월인 것을 고려할 때, 인공와우이식 영유아가 술후 약 12-13개월이 경과한 시점에서 생활연령에 적절한 발성 발달에 도달하기는 어려웠을 것이다. 요약하면, 영유아의 발성 발달이 말소리 지각 및 청각 피드백 능력, 구강 근육 및 운동 능력, 얼굴 및 후두 영역의 운동 피질의 성숙, 인지 및 사회 성숙 등에 의해 이루어지므로,^{4,18)} 인공와우이식 영유아가 술후 단기간 안에 생활연령일치 건청 영유아와 동일한 발성 발달을 성취하기에는 어려움이 있을 것이다.

본 연구에서는 인공와우이식 영유아와 듣기연령일치 건청 영유아의 음절성 발성 빈도에 유의한 차이가 없었다. 이러한 결과는 인공와우이식 영유아의 발성 발달 속도가 듣기연령일치 건청 영유아와 비교시 매우 빠르며, 더 나은 발성 발달을 보인다고 보고한 선행연구^{4,6,19)}와 상이한 결과이다. 예를 들면, Ertmer 등⁴⁾은 인공와우이식 영유아의 발성 발달 속도가 술후 2년 동안은 건청 영유아에 비해서 빠르다고 보고하면서, 인공와우이식 후에는 난청 영유아가 경험한 청각박탈이 언어 이전 단계에서의 초기 발성 발달에 미치는 영향이 크지 않을 수 있다고 언급하였다. Ertmer와 Jung¹⁹⁾도 인공와우이식 영유아의 발성 발달은 술후 빠른 속도로 이루어지며, 듣기연령일치 영유아의 비교시에는 더 발달된 발성 패턴을 보인

다고 보고하였다. 본 연구와 선행 연구 결과와의 차이는 난청 영유아의 인공와우이식 연령 차이에 기인한 것으로 보인다. 본 연구와 선행 연구에서의 대상자의 인공와우이식 연령은 각각 생후 6-13개월(평균 8.9개월), 생후 8-35개월(평균 20.9개월)이었다. 본 연구의 인공와우이식 영유아의 듣기 경험, 구강 근육 및 운동 능력, 인지 및 사회 성숙도가 선행 연구의 인공와우이식 영유아에 비해서 낮다고 볼 수 있다. 이러한 이유로, 선행 연구에서는 인공와우이식 영유아의 음절성 발성 빈도가 듣기연령일치 건청 영유아에 비해서 많았던 것에 반해, 본 연구에서는 인공와우이식 영유아의 음절성 발성 빈도가 듣기연령일치 영유아와 유의한 차이가 없었던 것으로 사료된다.

이러한 맥락에서 동시적 양측 인공와우이식 영유아의 음절성 발성 빈도가 듣기연령일치 영유아와 유사하게 나타난 연구 결과를 선행 성숙 가설(advanced maturity hypothesis)로 설명해 볼 수 있다.^{4,19)} 선행 성숙 가설은 고도 이상의 난청 영유아의 신경, 생리, 운동, 촉각, 고유감각수용 능력이 듣기 연령보다 발달되어 있는 상태에서 인공와우를 통해 청각 자극이 적절하게 제공되면, 인공와우이식 영유아의 발성 발달이 빠른 속도로 이루어질 수 있다는 것이다. 이 가설에 따르면, 높은 연령에 인공와우이식을 받은 영유아에 비해 1세 이하에 인공와우이식을 받은 영유아는 발성 발달을 촉진할 수 있는 신경 및 운동 능력이 충분히 성숙하지 못한 상태이므로, 높은 연령에 인공와우이식을 받은 영유아에 비해 청각 정보에 더 많은 비중을 두어서 발성 발달을 해야 하는 것이다. 이를 본 연구에 적용해보면, 생후 6-13개월에 동시적 양측 인공와우이식을 받은 영유아는 청각 능력에 기반한 발성을 발달하게 되어, 듣기연령일치 건청 영유아와 유사한 음절성 발성 발달 양상을 보이게 된 것으로 생각해 볼 수 있다. 최근에 동시적 양측 인공와우이식 영유아의 발성을 분석한 Valimaa 등¹⁷⁾도 어린 연령의 양측 인공와우이식 영유아의 발성 발달 속도는 상대적으로 연령이 높은 일측 인공와우이식 영유아에 비해서 빠른 경향을 보이지 않았다고 보고하였다. 여기서 우리는 영유아의 발성은 청각 능력을 기반한 선수 기술(예: 청각적 피드백, 말소리 모방 및 수정 능력)의 발달을 통해 정상적인 발달이 가능하다는 점에 주목해야 할 필요가 있다.^{4,20-22)} 영유아의 발성 발달에 중요한 청각적 피드백과 말소리 모방 및 수정 능력은 적절한 청각 자극의 제공 없이는 발달이 어려우므로, 난청 영유아에게 최대한 빨리 청각 자극을 제공하는 것이 발성 발달에 도움이 된다고 할 수 있다. 이상의 결과를 토대로 볼 때, 고도 및 심도 난청 영유아에게 동시적 양측 인공와우이식을 최대한 빨리 시행하여 최적의 청각 자극과 듣기 환경을 제공하고, 적극적인 청각언어중재로 인

공와우이식 영유아의 발성 발달을 촉진하여 연령에 적절한 말소리 발달을 할 수 있도록 해야 할 것이다. 예를 들면, 인공와우이식 영유아 부모는 음향학적으로 풍부한 아동지향어(child-directed speech) 사용, 영유아가 습득해야 할 음절성 발성에 대한 모델링 제시, 발성 차례주고받기(vocal turn-taking) 등의 방법을 사용하도록 전문가로부터 교육을 받고, 이를 통해 보다 효율적으로 자녀의 발성 발달을 촉진하여 인공와우이식 영유아가 연령에 적절한 발성 발달을 도달할 수 있도록 해야 할 것이다.

본 연구에서는 인공와우이식 영유아의 음절성 및 비음절성 발성 빈도가 언어 이해 및 표현점수와 유의한 정적 상관이 있었다. 즉, 인공와우이식 영유아의 음절성과 비음절성 발성 빈도가 많을수록 언어 이해 및 표현점수가 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 인공와우이식 영유아의 언어이전기 발성이 언어 발달과 관련이 있다는 선행 연구^{23,24)} 저자들의 주장을 지지한다고 볼 수 있다. Jung과 Houston²³⁾이 생후 3세 전에 인공와우이식을 받은 영유아의 발성을 술후 2년 동안 분석하고 말지각 및 언어점수와와의 관련성을 살펴본 결과, 인공와우이식 영유아의 술후 음절성 발성 출현 시기(onset timing of basic canonical syllables)가 빠를수록 술후 2년이 경과한 시점의 말지각 점수와 표현어휘 점수가 유의하게 높았다. Walker와 Bass-Ringdahl²⁴⁾은 인공와우이식 영유아가 술후 6-9개월에 산출한 음절성 발성이 향후 말-언어 발달을 예측한 것으로 보고하면서, 술후 1년 이내에 인공와우이식 영유아가 산출한 음절성 발성의 질이 높을수록 더 나은 언어 발달을 기대할 수 있다고 언급하였다. 부모가 영유아의 의도적 발성(volubility)과 의사소통 행동에 즉각적으로 구어 반응을 하는 것이 영유아의 발성 산출에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 고려할 때,^{22,25)} 인공와우이식 영유아의 발성 양이 많다는 것은 부모가 자녀의 언어발달을 적절하게 촉진할 수 있는 환경이 조성되어 있다는 것을 의미한다. 예를 들면, 부모가 인공와우이식 영유아의 시선(focus)과 의사소통 의도에 적절하게 구어 반응을 해주었을 때, 인공와우이식 영유아의 발성 양이 증가할 수 있는 것이다.²²⁾

이상의 결과를 요약하면, 조기에 동시적 양측 인공와우이식을 받은 영유아의 음절성 발성 발달이 생활연령 기준으로 는 지연되어 있으나, 듣기연령 기준으로는 적절하게 이루어지고 있었다. 그리고 인공와우이식 영유아의 음절성 및 비음절성 발성 양은 언어 발달과 관련성이 높게 나타나서, 인공와우이식 영유아의 초기 발성 분석 결과가 언어 발달을 예측할 수 있는 지표(indicator)로 활용될 수 있음을 확인하였다. 현재 국내에서 생후 12개월 이전 난청 영유아의 동시적 양측 인공와우이식이 활발하게 시행되는 것을 고려할 때, 청각언어

중재에서 인공와우이식 영유아의 초기 발성 평가와 모니터링의 중요성이 더욱 높다고 볼 수 있다. 청각언어중재 전문가들은 동시적 양측 인공와우이식 영유아의 생활연령에 적절한 발성 발달을 촉진하기 위해 술후 초기 인공와우이식 영유아의 발성 평가 정보를 토대로 중재 목표와 전략을 계획하고 실행하는데 적극 활용할 필요가 있을 것이다.

Acknowledgments

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2023S1A5A2A01082797).

Author Contribution

Conceptualization: Youngmee Lee. Data curation: Youngmee Lee, Yesol Jeon. Formal analysis: Yesol Jeon. Funding acquisition: Youngmee Lee. Investigation: Yesol Jeon. Methodology: Youngmee Lee, Yesol Jeon. Supervision: Youngmee Lee. Visualization: Yesol Jeon. Writing—original draft: Youngmee Lee, Yesol Jeon. Writing—review & editing: Youngmee Lee.

ORCIDs

Yesol Jeon <https://orcid.org/0000-0001-8988-3222>

Youngmee Lee <https://orcid.org/0000-0003-1809-5944>

REFERENCES

- Oller DK, Eilers RE, Neal AR, Schwartz HK. Precursors to speech in infancy: the prediction of speech and language disorders. *J Commun Disord* 1999;32(4):223-45.
- Messick C. Phonetic and contextual aspects of the transition to early words [dissertation]. West Lafayette, IN: Purdue Univ.;1984.
- Kim H, Ha S. [Relation between early vocalizations and words]. *Commun Sci Disord* 2022;27(1):1-13. Korean
- Ertmer DJ, Jung J, Kloiber DT. Beginning to talk like an adult: increases in speech-like utterances in young cochlear implant recipients and typically developing children. *Am J Speech Lang Pathol* 2013;22(4):591-603.
- Moeller MP, Hoover B, Putman C, Arbataitis K, Bohnenkamp G, Peterson B, et al. Vocalizations of infants with hearing loss compared with infants with normal hearing: part II--transition to words. *Ear Hear* 2007;28(5):628-42.
- Fagan MK. Why repetition? Repetitive babbling, auditory feedback, and cochlear implantation. *J Exp Child Psychol* 2015;137:125-36.
- Colletti V, Carner M, Miorrelli V, Guida M, Colletti L, Fiorino FG. Cochlear implantation at under 12 months: report on 10 patients. *Laryngoscope* 2005;115(3):445-9.
- Richter B, Eissele S, Laszig R, Löhle E. Receptive and expressive language skills of 106 children with a minimum of 2 years' experience in hearing with a cochlear implant. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2002;64(2):111-25.
- Schauwers K, Gillis S, Daemers K, De Beukelaer C, Govaerts PJ. Cochlear implantation between 5 and 20 months of age: the onset of babbling and the audiologic outcome. *Otol Neurotol* 2004;25(3):263-70.
- Jeong SW, Seo JW, Boo SH, Kim LS. [Speech perception and language outcome in congenitally deaf children receiving cochlear implants in the first year of life]. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2018;61(12):644-9. Korean
- Peters BR, Wyss J, Manrique M. Worldwide trends in bilateral cochlear implantation. *Laryngoscope* 2010;120(Suppl 2):S17-44.
- Wie OB, Torkildsen JVK, Schaubert S, Busch T, Litovsky R. Long-term language development in children with early simultaneous bilateral cochlear implants. *Ear Hear* 2020;41(5):1294-305.
- Kim YT, Kim KH, Yoon HR, Kim HS. [Sequenced language scale for infants (SELSI)]. 1st ed. Seoul: Special Education Publishing;2003. Korean
- Lee CC, Jhang Y, Relyea G, Chen LM, Oller DK. Babbling development as seen in canonical babbling ratios: a naturalistic evaluation of all-day recordings. *Infant Behav Dev* 2018;50:140-53.
- Ha S, Park B. [Early vocalization and phonological developments of typically developing children: a longitudinal study]. *Phonetics Speech Sci* 2015;7(2):63-73. Korean
- Pretzer GM, Lopez LD, Walle EA, Warlaumont AS. Infant-adult vocal interaction dynamics depend on infant vocal type, child-directedness of adult speech, and timeframe. *Infant Behav Dev* 2019;57:101325.
- Välimaa TT, Kunnari SM, Laukkanen-Nevala P, Ertmer DJ. Vocal development in infants and toddlers with bilateral cochlear implants and infants with normal hearing. *J Speech Lang Hear Res* 2019;62(5):1296-308.
- Goldstein MH, Schwade JA. Social feedback to infants' babbling facilitates rapid phonological learning. *Psychol Sci* 2008;19(5):515-23.
- Ertmer DJ, Jung J. Prelinguistic vocal development in young cochlear implant recipients and typically developing infants: year 1 of robust hearing experience. *J Deaf Stud Deaf Educ* 2012;17(1):116-32.
- Sharma A, Dorman MF, Spahr AJ. Rapid development of cortical auditory evoked potentials after early cochlear implantation. *Neuroreport* 2002;13(10):1365-8.
- Yun JY, Park HJ, Lee ES, Yoo HS, Kim JS. Early communicative skills of children with normal hearing and hearing loss depending on chronological and hearing ages. *Commun Sci Disord* 2020;25(2):352-62.
- Park H, Lee Y, Sim HS, Lee Y. [Volubility characteristic of toddlers with cochlear implants and its relation to the parental verbal responsiveness]. *Commun Sci Disord* 2022;27(4):907-24. Korean
- Jung J, Houston D. The relationship between the onset of canonical syllables and speech perception skills in children with cochlear implants. *J Speech Lang Hear Res* 2020;63(2):393-404.
- Walker EA, Bass-Ringdahl S. Babbling complexity and its relationship to speech and language outcomes in children with cochlear implants. *Otol Neurotol* 2008;29(2):225-9.
- Weisleder A, Fernald A. Talking to children matters: early language experience strengthens processing and builds vocabulary. *Psychol Sci* 2013;24(11):2143-52.